Dr Sherrington.

PHYSIOLOGISCHE UND ANATOMISCHE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE SENSIBLEN NERVEN DER MUSKELN.

21

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

VORGELEGT DER

MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT

ZU BERLIN

UND ÖFFENTLICH ZU VERTHEIDIGEN

AM 27. FEBRUAR 1875

VON

CARL SACHS

AUS NEISSE.

OPPONENTEN:

GEORG RUGE, CAND. MED.
HANS VIRCHOW, CAND. MED.
JUSTUS GAULE, CAND. MED.

LIBRARY

BERLIN.

DRUCK VON GEBR. UNGER (TH. GRIMM)

SCHÖNEBERGER-STRASSE 17 a.

Herrn Geheimrath

Prof. Dr. Emil du Bois-Reymond

in aufrichtiger Verehrung und Dankbarkeit

gewidmet

vom Verfasser.

Physiologische und anatomische Untersuchungen über die sensiblen Nerven der Muskeln.[1])

Von

Carl Sachs.

Hierzu 2 Tafeln.

I. Nachweis sensibler Muskelnerven durch directe Reizung intramusculärer Fasern.

Die früher geschilderten Versuche hatten den Zweck, die Function einzelner Nervenfasern unter dem Mikroskop am lebenden Objecte zu ermitteln. Zu diesem Behufe wurde der ganze, in einen Muskel eintretende Nervenstamm gereizt und die Wirkung einzelner Fasern durch Schnitte in der Muskelsubstanz gesondert dargestellt. Es liegt nun auf der Hand, dass der gleiche Zweck in weit durchsichtigerer Weise erreicht werden kann, wenn es gelingt, die einzelnen Elemente des gemischten Nervenstammes jenseits der Ramificationsstelle, also innerhalb des Muskels, gesondert zu reizen.

Der Erreichung dieses Zieles scheinen sich zunächst bedeutende Schwierigkeiten entgegenzustellen; denn wenn wir, um eine Nervenfaser zu reizen, die Elektroden direct auf den Muskel appliciren, so haben wir, wie es scheint, durchaus kein Mittel, die Wirkung des Stromes auf die übrigen Nervenfasern und auf die Muskelsubstanz selbst auszuschliessen.

Solche Mittel stehen aber in der That zu Gebote. Ich habe bereits bei einer andern Gelegenheit[2]) die Methode, deren

1) Die vorliegende Dissertation enthält den dritten Theil meiner „Untersuchungen über die sensiblen Nerven der Muskeln." Für Diejenigen meiner Leser, welche von dem ersten und zweiten Theil dieser Untersuchungen (Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1874, S. 175 u. 491) nicht Kenntniss genommen haben, ist am Schlusse ein Resumé beigefügt, welches die in den früheren Arbeiten mitgetheilten Ergebnisse kurz andeutet.

2) „Untersuchungen über Quer- und Längsdurchströmung des Froschmuskels, nebst Beiträgen zur Physiologie der motorischen Endplatten." Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1874. S. 88 ff.

ich mich bedient habe, kurz dargelegt und mittels derselben nachgewiesen, dass die motorischen Nervenfasern nur von ihren Endigungen aus erregend auf die Muskelsubstanz wirken, sowie dass diese Wirkung sich auf das anatomisch mit der Nervenendigung verbundene Primitivbündel beschränkt. Ich will meine Methode hier etwas genauer beschreiben.

Bei mehreren Muskeln des Frosches, namentlich beim Sartorius, Cutaneus femoris und Abdomino-gutturalis (Dugès), liegt der grösste Theil der Nervenverzweigung an der inneren (d. h. von der Haut abgewendeten) Fläche, dicht unter dem Perimysium ext.; ein Theil der Nervenfasern versorgt die oberflächlich gelegenen Muskelfasern, die übrigen tauchen in die Tiefe. Wird nun mit einem Paare feiner, einander möglichst genäherter Elektroden die Muskeloberfläche berührt und ein Strom hindurch geschickt, so breitet sich derselbe allerdings in dem ganzen Muskel aus, aber das dichteste Stromgebiet liegt an der Oberfläche und in der Verbindungslinie der Elektroden. Befindet sich daselbst in günstiger Lage eine Nervenfaser oder eine Gruppe von solchen, so wird dieselbe, falls man vom Unwirksamen anfangend, den Strom allmälig verstärkt, offenbar zuerst der erregenden Wirkung theilhaftig werden; zu einer Reizung anderer Nervenfasern kann es erst bei weiterer Verstärkung des Stromes kommen. Was die Muskelsubstanz betrifft, so erfordert eine directe Reizung derselben bekanntlich erheblich grössere Stromintensität, als die Reizung eines Nerven, und es sind daher idiomusculäre Contractionen durchaus nicht zu befürchten, falls wir uns auf die Anwendung minimaler Stromesstärke beschränken. Unter diesen Umständen liegt mithin die Möglichkeit vor, die Wirkung einzelner Nervenästchen gesondert zu studiren.

Bei der Ausführung dieser immerhin schwierigen und erst bei einiger Uebung gelingenden Versuche verfuhr ich in folgender Weise. Zunächst befestigte ich zwei enge Glasröhrchen aneinander, welche beide auf einer Seite in eine feine capillare Spitze ausgezogen waren. Durch diese Röhrchen führte ich zwei Platindrähte von äusserster Feinheit (etwa 0·1 Mm. stark) hindurch und schmolz dann die capillaren Spitzen zu, so zwar,

dass die Enden der Drähte nur in geringer Ausdehnung hervorragten und mit ihren Spitzen etwa 0·5 Mm. von einander entfernt standen. Das andere Ende der Drähte wurde möglichst bald mit dickeren Drähten zusammengeknüpft, da bei Einschaltung eines zu grossen Widerstandes übermässige Erwärmung der Elektroden zu befürchten stand. Der du Bois-Reymond'sche Schlüssel vermittelte die Verbindung mit dem Magnetelektromotor, dessen primäre Spirale durch einen Daniell geschlossen war. Das Elektrodenpaar wurde durch ein Schraub-Stativ mit langem Hebelarm fixirt und dieses so aufgestellt, dass die stromzuführenden Drahtenden unmittelbar über der Blendung des Mikroskopes befindlich waren. Alsdann präparirte ich einen Muskel, meist den Sartorius, und brachte ihn auf einer einfachen Glasplatte, unter Zusatz von $^3/_4$procentiger Kochsalzlösung, unter das 65—90fach vergrössernde Mikroskop. Es ist zweckmässig, ein Instrument mit beweglichem Objecttisch zu verwenden; man kann, während die Elektroden das Präparat noch nicht berühren, letzteres so lange verschieben, bis man im Gesichtsfelde des Mikroskops das zum Versuch auserlesene Nervenästchen dicht unterhalb der Drahtenden in einer der untengezeichneten Stellungen er-

blickt (auf die Nervenfaser selbst dürfen die Spitzen selbstverständlich nicht gesetzt werden). Nun unterbricht man die

Beobachtung und schraubt den Objecttisch so weit empor, dass die Elektroden gerade mit sanfter Impression die Fascie berühren. Nachdem man nun durch vorsichtige manuelle Verschiebung des Tubus die Einstellung wieder berichtigt hat, leitet man durch Oeffnen der Nebenschliessung die Ströme dem Präparate zu und nähert die anfangs in maximaler Entfernung befindlichen Rollen des Magnetelektromotors einander bis zu einem gewissen Punkte, den man aus der Erfahrung kennen gelernt hat (200—180 Mm. Abstand). Ist das gereizte Nervenästchen ein motorisches, so tritt unter diesen Umständen eine energische Contraction derjenigen Primitivbündel ein, welche von demselben mit Endigungen versehen werden; die gesammte übrige Muskelsubstanz verharrt in Ruhe. Reizt man nur eine oder zwei Nervenfasern, so betrifft die Zuckung eine geringe Zahl benachbarter Primitivbündel, unter gewissen Umständen, welche ich (Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv, 1874, S. 92) bereits an anderer Stelle erörtert habe, nur ein einziges; man kann jedoch, indem man gröbere Aeste der Nervenverzweigung aufsucht, der Zuckung jede beliebige Ausdehnung geben. Solche partielle Contractionen liegen übrigens keineswegs ausserhalb der physiologischen Breite der Muskelaction; es ist bekannt, dass bei manchen Bewegungen gewisse Muskeln nicht in ihrer Totalität, sondern nur mit einem Theile ihrer Fasern in Wirksamkeit gesetzt werden; auch erinnere ich mich, einen Athleten gesehen zu haben, der seinen enorm entwickelten zweiköpfigen Armmuskel mit Leichtigkeit nach allen Richtungen spielend zu verschieben wusste, in einer Weise, welche sich nur durch die Annahme partieller Contractionen einzelner Faserbezirke erklären liess.

Wiederholt man nun den geschilderten Versuch an einer Reihe verschiedener Punkte in der Nervenverzweigung, so überzeugt man sich alsbald, dass derselbe nicht überall von gleichem Erfolge begleitet ist. Während in der Mehrzahl der Fälle bei einem Rollenabstande von 200—180 Mm. die erwähnten partiellen Contractionen eintreten, bleibt bei einzelnen Nervenfasern die elektrische Reizung absolut wirkungslos. Wird in einem solchen Falle die Intensität des Stromes be-

deutend gesteigert (weniger als 100 Mm. Rollenabstand) so treten allerdings Contractionen ein; dieselben bieten aber keineswegs das charakteristische Bild jener zarten fibrillären Zuckungen, welche nach der Reizung einzelner intramusculärer Nervenfasern zu beobachten sind; sie erstrecken sich vielmehr auf den Gesammtmuskel oder doch auf grössere Faserbezirke desselben und sind daher offenbar als Folge der Miterregung vieler anderer Nervenfasern aufzufassen.

Man kann diese Beobachtung sowohl an den Oberschenkelmuskeln des Frosches, als am Brusthautmuskel desselben anstellen. Nur muss bei dem letzteren, so äusserst zarten Object natürlich mit besonderer Schonung und Schnelligkeit verfahren werden. Gerade dieser winzige Muskel, der bisher nur zur Erforschung des mikroskopischen Verhaltens der intramusculären Nerven gedient hat, bietet übrigens Gelegenheit, unsere Beobachtung auf eine interessante Weise zu bestätigen. Die Erregbarkeit nimmt nämlich bei diesem Objecte im Laufe weniger Minuten trotz der indifferenten Flüssigkeit in dem Grade ab, dass der von der Endplatte ausgehende Contractionsreiz nur noch local wirkt; es entsteht in der unmittelbaren Umgebung der Nerveneintrittsstelle eine Verdickung, die sich aber nicht mehr, wie anfangs, als Welle nach beiden Seiten hin fortpflanzt. Aehnliches kann man häufig an Insectenmuskeln wahrnehmen, sowohl an frischen Fasern, die dem Absterben nahe sind, als an solchen, die mit Alkohol behandelt waren, wo dann in der Umgebung des Nerveneintritts eine Beule von contrahirter Substanz sich vorfindet. Gewiss hat jeder Mikroskopiker, der sich mit dem Studium der Muskelzuckung abgegeben hat, gelegentlich diese Beobachtung gemacht. Dieselbe scheint mir doch darauf hinzuweisen, dass der Nerveneintrittsstelle eine etwas höhere physiologische Bedeutung zukomme, als es nach den neuesten Mittheilungen von Gerlach[1]) scheinen dürfte. Wenn man sich an das von Gerlach gegebene Schema eines die ganze Muskelfaser durchziehenden „intravaginalen Nervennetzes“, dessen letzte Ausläufer mit den Elementen der

1) J. Gerlach, Das Verhältniss der Nerven zu den willkürlichen Muskeln der Wirbelthiere. Leipzig 1874.

contractilen Substanz selbst in Continuität stehen, hält, so erscheint die obige Beobachtung schwer verständlich.

Der erwähnte Umstand bietet nun Gelegenheit, die motorischen und sensiblen Nerven zu unterscheiden. Hat man nämlich ein feines Elektrodenpaar auf einen frischen Brusthautmuskel in der Nähe des Nervenstämmchens aufgesetzt, so entstehen anfangs bei jeder Reizung ausgiebige Contractionen, dieselben werden aber schwächer und schwächer, und bald überzeugt man sich bei mikroskopischer Beobachtung, dass das Präparat ruhig bleibt, bis auf die Stellen, wo die Endigungen motorischer Fasern liegen und wo noch bei jeder Reizung Contractionsbeulen entstehen. Im oberen und unteren Drittheil des Muskels beobachtet man aber diese Erscheinung fast nie; da nun gleichwohl einzelne Nervenfasern innerhalb dieser Gebiete verlaufen und endigen, sind wir genöthigt, diese eben von den motorischen zu scheiden und ihnen eine andere Function zuzusprechen.

Hiermit ist die physiologische Seite unserer Aufgabe erschöpft. Wir haben uns im Bisherigen überzeugt, dass die Muskeln sensible Organe sind, dass in denselben sich markhaltige Nervenfasern vorfinden, welche durch die hinteren Spinalwurzeln das Rückenmark verlassen und bestimmt nicht motorischer Natur sind. Wir wenden uns nunmehr zum anatomischen Theil der Untersuchung, zur Ermittelung des Verlaufes und der Endigungsweise jener empfindenden Muskelnerven.

II. Ueber den Verlauf und die Endigungsweise der sensiblen Nervenfasern in den quergestreiften Muskeln.

Eine fast vollständige Zusammenstellung und kritische Würdigung der zahlreichen Untersuchungen, welche über das Verhältniss der Nerven zu der quergestreiften Muskelsubstanz angestellt worden sind, findet man in Gerlach's neuester, bereits im vorigen Kapitel citirter Schrift. Ich werde daher im Folgenden nur diejenigen Arbeiten hervorheben, in denen die Frage nach der Existenz sensibler Muskelnerven näher in Erwägung gezogen ist.

Das Verdienst, die ersten Beobachtungen nach dieser Richtung hin angestellt zu haben, gebührt Reichert[1]). Bei der Untersuchung des Verlaufes der Nerven im Brusthautmuskel des Frosches bemerkte er eine geringe Zahl von Fasern, welche in Verlauf und Endigungsweise sich abweichend von den übrigen verhielten. Es sind dies, seiner Beschreibung zufolge, schmale, zu Varicositäten geneigte Fasern, welche bogenförmig und isolirt über weite Strecken des Muskels verlaufen und hierbei nur wenige Aeste abgeben. Diese Aeste enden aber nicht in der Muskelsubstanz, treten vielmehr, ebenso wie die Stammfasern, über den Rand des Muskels hinweg zu anderen Theilen und erscheinen daher am präparirten Muskel abgeschnitten. Reichert hält die Vermuthung für gerechtfertigt, dass dieses die von der Physiologie postulirten sensiblen Nerven der Muskeln seien. Seine Beobachtung ist im Wesentlichen richtig; nur irrte er darin, dass er jenen Fasern alle näheren Beziehungen zur Muskelsubstanz absprach, sie nur auf dem Durchgang durch dieselbe begriffen ansah. In Wahrheit entsenden jene Fasern, wie ich weiter unten zeigen werde, eine reichliche Menge zarter, blasser Aestchen, welche zum grossen Theil mit den Primitivbündeln selbst in Beziehung treten. Diese Elemente sind Reichert entgangen; doch erklärt sich dies leicht aus der Unvollkommenheit der histologischen Technik, zur Zeit als er seine Untersuchungen anstellte. Die von ihm benutzte Methode gestattet es in der That nicht, mehr zu erkennen, als das von ihm beschriebene.

Einen Schritt weiter that Kölliker[2]), der sich desselben Objectes bediente, wie Reichert. Ihm gelang es, jene Fasern, deren Zahl er mit Recht etwas höher veranschlägt, weiter zu verfolgen und ihr Verhalten nach dem Eintritt in die an den Muskel grenzende Fascie zu studiren. Er findet, dass dieselben

---

1) Ueber das Verhalten der Nervenfasern bei dem Verlauf, der Vertheilung und Endigung in einem Hautmuskel des Frosches. Dies Archiv 1851. S. 29.

2) Mikroskopische Anatomie II. 1. S. 240; ferner: „Ueber die Endigungen u. s. w." in der Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XII. S. 149.

nach wiederholten Theilungen sich immer mehr verschmälern und schliesslich in Gestalt feiner, kaum 0·0015 Mm. messender Fädchen innerhalb des Bindegewebes zugespitzt endigen. Er vermuthet, dass alle jene Elemente aus einer einzigen markhaltigen Stammfaser entstehen; an einigen Präparaten, wo diese Stammfaser isolirt in den Muskel eintrat, konnte er sich hiervon unmittelbar überzeugen. Diese Angaben sind vollkommen begründet; dagegen gelang es Kölliker ebensowenig wie Reichert, die terminale Verästelung jener, auch von ihm als sensibel angesprochenen Fasern in der Muskelsubstanz selbst aufzufinden, und leugnet er daher die Existenz einer solchen.

Arndt[1]) hingegen hat in den Muskeln der Wirbelthiere und der Wirbellosen feine, das Sarkolemm umspinnende und verschieden endigende blasse Fäserchen beobachtet, welche er als die sensiblen Nerven der Muskeln betrachtet. Es ist dies zwar lediglich eine des Beweises ermangelnde Vermuthung, auch fehlen bestimmte Angaben über das Hervorgehen jener Elemente aus grösseren, namentlich markhaltigen Stammfasern von sicher nervöser Natur; indessen möchte ich nicht bezweifeln, dass Arndt vielfach auf der richtigen Spur gewesen ist.

Weniger glücklich war Alexis Sokolow[2]); derselbe hat in den Muskeln des Frosches stets nur eine und dieselbe Art von Nervenendigungen wahrnehmen können, nämlich diejenige der motorischen Fasern. Die Existenz sensibler Muskelnerven glaubt er daher rundweg in Abrede stellen zu müssen.

Die Untersuchungen von Odenius[3]) sind, wie es scheint, in Deutschland weniger bekannt geworden, als sie es verdienen. Diesem Autor ist es gelungen, die feine blasse Terminalver-

---

1) Untersuchungen über die Endigung der Nerven in der quergestreiften Muskelsubstanz. M. Schulze's Archiv für mikroskopische Anatomie. IX. S. 481.

2) Sur les transformations des terminaisons des nerfs dans les muscles de la grenouille après la section des nerfs. Arch. de phys. norm. et pathol. publ. par Vulpian, Charcot et Brown-Séquard 1874. p. 300.

3) Undersökningar öfver de sensibla muskelnerverna. Nordiskt Medicinsk Arkiv, redigeradt af Axel Key. 1872. Fjärde bandet. No. 18.

ästelung der sensiblen Nerven in den Muskeln des Frosches und der Maus aufzufinden. Seine Beschreibungen und Abbildungen sind so exact und stimmen so völlig mit den meinigen überein, welche, unabhängig von jenen, bereits am 1. April 1873 der Universität zu Berlin vorgelegt waren, dass hieran nicht zu zweifeln ist. Bis zu den letzten, feinsten Endigungen der fraglichen Elemente ist Odenius freilich nicht vorgedrungen, noch weniger hat er Beweise für die sensible Function derselben beigebracht; auch vermisst man in seiner Arbeit eine vollständige Uebersicht des gesammten Gebietes, wie sie nur durch ausgedehntere Untersuchungen zu gewinnen war.

Gerlach[1]) hält die Aufsuchung der sensiblen Muskelnerven für ein Problem, zu dessen Lösung die heutigen Hilfsmittel der Histologie nicht ausreichen.

Ich gelange nunmehr dazu, die von mir erhaltenen Resultate darzulegen, und beginne mit den Methoden der Untersuchung. Für das Studium der Beziehungen zwischen Nerv und Muskelfaser sind im Laufe der Jahre eine grosse Reihe verschiedenartiger Methoden angegeben worden, welche man, wie Gerlach treffend hervorhebt, zweckmässig in drei Gruppen sondert:

1) Untersuchung mit Hilfe indifferenter Flüssigkeiten,
2) mit Hilfe verdünnter Säuren,
3) mit Hilfe metallischer Agentien.

Jede dieser drei Methoden hat ihre eigenthümlichen Vorzüge; man muss sie insgesammt kennen, um die Irrthümer zu vermeiden, welche durch ausschliessliche Anwendung der einen oder anderen von ihnen entstehen. Die Untersuchung mit Hilfe von indifferenten Flüssigkeiten (Serum, Na Cl-Lösung von $\frac{1}{2}$–$\frac{1}{4}$ %) bietet den Vortheil, uns das unveränderte Object in seiner natürlichen Beschaffenheit vorzuführen. Da innerhalb solcher Medien Nerv und Muskel längere Zeit hindurch ihre Lebenseigenschaften bewahren, ist eine Unsicherheit in der Unterscheidung normaler, präexistirender Einrichtungen von etwaigen

1) A. a. O. S. 17.

Kunstproducten nicht möglich. Die Befunde, welche im vierten Abschnitt dieser Arbeit (S. oben S. 498) mitgetheilt sind und welche sich auf die Unterscheidung normaler und degenerirter Nervenfasern im M. sartorius des Frosches beziehen, wurden durchweg nach dieser Methode gewonnen. Auch über die Einschnürungen an den Nervenfasern, die regelmässige Wiederkehr derselben lässt sich nur so einigermaassen Sicheres ermitteln. Dagegen gestattet die Methode wohl nie, am unzerfaserten Objecte die feineren Gewebselemente, namentlich die blassen Endausläufer der Nervenfasern zu erkennen. Dies gelingt erst mit Hilfe der zweiten Methode, der Anwendung verdünnter Säuren. Concentrirte Säuren oder Alkalien sind für diesen Zweck völlig zu verwerfen. Das Object wird zwar in wenigen Augenblicken durchsichtig, büsst aber zugleich einen grossen Theil seiner feineren Structur-Eigenthümlichkeiten ein. Die Muskelbündel quellen stark auf und streben, sich dicht aneinander zu legen, so dass feine Nervenfädchen dadurch dem Blicke gänzlich entzogen sind. Die letzteren werden auch wohl direct durch die Wirkung des Reagens zerstört, da ich nie an so behandelten Objecten eine Spur von ihnen wahrzunehmen vermochte.

Ganz anders die verdünnten Säuren. Die Wirkung derselben beruht wesentlich auf der Klärung des perimysialen Bindegewebes; die Nervenfasern, die innerhalb des letzteren verlaufen, treten dadurch mit überraschender Klarheit und Schärfe hervor, ohne in ihrer Structur bedeutend alterirt zu sein. An den Muskelbündeln werden, wie bekannt, die Kerne deutlich; die contractile Substanz ist nur etwas durchsichtiger als am frischen Object, ihre Querstreifung völlig intact; endosmotische Abhebung des Sarkolemms tritt niemals ein. — Dieser Methode hat sich mit Erfolg bereits Kölliker bedient. Ein hübsches Verfahren hat unlängst Odenius (a. a. O.) angegeben: Das frisch präparirte Object wird auf 24 Stunden in eine Essigsäure-Mischung (10—15 Tr. auf 100 G. Wasser), dann wiederum 24 St. in eine höchst verdünnte Chromsäure-Lösung (etwa 1:7000) gelegt und in Glycerin untersucht. Richtig angewendet, gewährt dieses Verfahren jedem Anfänger

die Möglichkeit, Ramificationen sensibler Fasern zu sehen. Doch bietet noch grössere Vortheile ein Verfahren, dessen ich mich vorzugsweise bedient habe, und das in Folgendem besteht: Frisch präparirte Muskelchen werden auf 24 St. in eine 1procentige Essigsäure gelegt, dann herausgenommen, abgespült und nun ebenso lange in eine Flüssigkeit gelegt, welche ein Minimum Pikrinsäure enthält. Dieselbe wird dargestellt, indem man zu einem Uhrgläschen, welches 7—8 Gramm Wasser fasst, einen Tropfen einer Pikrinsäure-Lösung von 1:300 hinzufügt. Das herausgenommene Object wird sorgfältig abgespült und in Glycerinflüssigkeit (Aq. dest. u. Glyc. zu gleichen Theilen) eingekittet. Die Wirkung, welche der Essigsäure in diesem Falle zukommt, ist bereits geschildert, sie besteht wesentlich in der Aufhellung des Bindegewebes. Die Pikrinsäure dient zunächst als Färbemittel; Nervenfasern und Muskelbündel erscheinen gelblich tingirt, erstere jedoch intensiver, das Bindegewebe bleibt völlig farblos. Die marklosen Ausläufer der sensiblen Nervenfasern sind bis in ihre letzten Endigungen hin mit grösster Deutlichkeit zu verfolgen; namentlich die bald zu beschreibende Umstrickung der Muskelbündel durch dieselben habe ich einzig und allein an so behandelten Objecten wahrnehmen können. Zahlreiche Versuche mit anderen Stoffen, z. B. saurer Carminlösung haben durchweg negative Resultate geliefert. Die Pikrinsäure bietet aber überdies den wichtigen Vortheil, das die Objecte der Aufbewahrung fähig sind. Ich besitze eine Reihe von Präparaten dieser Art, welche, seit nunmehr 15 Monaten, sich nur sehr unbedeutend verändert haben. Die nach der Odenius'schen Methode dargestellten Präparate dagegen werden ziemlich bald fast unbrauchbar, indem eine fibrilläre Zerklüftung der Muskelbündel eintritt.

Was die dritte Untersuchungsmethode anbelangt, die Anwendung metallischer Agentien, so bieten sich hier verschiedene Wege dar. Die Vortheile, welche das Goldchlorid für das Studium der motorischen Nervenendigungen bietet, zeigt es bei der vorliegenden Untersuchung nicht in gleicher Weise. Ich habe mich vielfach und nach verschiedenen Verfahrungsweisen bemüht, durch Zerfaserung vergoldeter Muskeln Objecte für

die Demonstration sensibler Nervenendigungen zu bekommen, habe mich aber überzeugt, dass auf diesem Wege Nichts zu hoffen ist. Das interstitielle Bindegewebe und die in ihm enthaltenen marklosen Nervenfasern werden durch Goldchlorid so gut wie vernichtet. Das Palladiumchlorür, an welches ich nach der Empfehlung von F. E. Schulze[1]) mit grossen Hoffnungen ging, hat sich eben so wenig bewährt. Die Tinction, welche durch dieses Reagens erzielt wird, ist allerdings eine vortheilhafte: die Nervenfasern färben sich schwarz, die Muskelbündel höchstens gelbbraun. Aber dennoch sind die Präparate, zufolge ihrer mechanischen Beschaffenheit, unbrauchbar. Die Muskelbündel sind völlig mürbe und zerbröckeln unter der präparirenden Nadel; auch die Nervenstämme haben ihre Festigkeit eingebüsst und erscheinen an zerfaserten Objecten meist in Trümmer zerfallen. Ueberdies erstreckt sich die Färbung fast nie auf die feineren Elemente der Verzweigung, von denen daher wenig wahrzunehmen ist. Ob man starke Lösungen (1:100) kurze Zeit, oder dünne Lösungen mehrere Tage hindurch wirken lässt, ist für den Erfolg gleichgültig.

Ganz anders bewährt sich auch hier die Ueber-Osmiumsäure, jene so höchst werthvolle Waffe der histologischen Technik. Die charakteristische, am Besten mit der Farbe dunklen Schiefers vergleichbare Tinction, welche das Osmium dem Myelinstoffe ertheilt, gestattet mit Sicherheit die Unterscheidung markhaltiger und markloser Nervenfasern. Zugleich erleichtert sie die Aufsuchung und Verfolgung derselben inmitten der Muskelsubstanz, welche grünlichbraun tingirt erscheint, in hohem Grade. Alle bindegewebigen Theile, sowie die Gefässe bleiben vollkommen farblos. Trotz der dunklen Nuance sind übrigens die Nervenfasern vollkommen pellucid; da die Färbung sich nur auf die Markscheide erstreckt, zeigt der optische Durchschnitt der Fasern zwei dunkle Randstreifen und einen helleren Axialtheil; die Ranvier'schen Einschnürungen bieten das bekannte, charakteristische Bild. Durch die metallische Imprägnation des Myelins werden, wie

1) Centralblatt f. d. medic. Wissenschaften. 1867. S. 193.

Gerlach hervorhebt, die Fasern in hohem Grade widerstandsfähig, man kann sie, selbst an fein zerfaserten Präparaten, meist in grosser Ausdehnung verfolgen. Auch die marklose Verzweigung ist gut conservirt und deutlich zu erkennen; freilich darf man sich das Suchen nicht verdriessen lassen. — Vor dem Erscheinen der Gerlach'schen Arbeit glaubte ich, man könne die Wirkung der Ueber-Osmiumsäure nur an zerfaserten Objecten studiren. Gerlach hat jedoch eine Methode angegeben, welche es gestattet, einen Brusthautmuskel des Frosches in seiner Totalität zu untersuchen. Der frisch präparirte Muskel wird auf 7—8 Minuten in eine ½procentige Lösung von Ueber-Osmiumsäure gelegt, dann einige Stunden hindurch der Wirkung einer verdünnten Salzsäure ausgesetzt und in Lösung von essigsaurem Kali untersucht. Ich habe diese Methode mehrfach angewendet und kann bestätigen, dass dieselbe für die Demonstration der gröberen Nervenvertheilung recht hübsche Objecte liefert. Für den vorliegenden Zweck ist sie nicht verwendbar, da die Präparate nicht Durchsichtigkeit genug behalten, um das Studium der feineren Elemente bei stärkerer Vergrösserung zu gestatten. Uebrigens scheint die Osmiummethode leider keine conservirbaren Objecte zu liefern; meine, durch Zerfaserung gewonnenen Präparate sind wenigstens sämmtlich, trotz der Aufbewahrung in essigsaurem Kali, durch nachträgliche Schwärzung der Muskelfasern unbrauchbar geworden.

So viel von den Untersuchungsmethoden. Betrachten wir jetzt zunächst das Bild der Nervenverzweigung, wie es sich an der inneren Fläche eines Brusthautmuskels vom Frosche bei mittlerer Vergrösserung darstellt. Der Muskel besitzt ein Nervenstämmchen, welches, in der Mitte des lateralen Muskelrandes eintretend, aus 8—10 markhaltigen, 0·009—0·012 Mm. breiten Fasern besteht und sich zu einer Figur, ähnlich einer entlaubten Linde, verästelt. Bei dieser Verästelung mehrt sich die Zahl der Fasern beständig, während der Durchmesser der einzelnen nur unbeträchtlich abnimmt. An den Stellen nämlich, wo gröbere Aeste sich abzweigen, theilt sich eine gewisse Zahl von Fasern dichotomisch; die aus der Theilung

hervorgehenden Elemente sind etwas kleiner, als die Stammfaser, besitzen aber zusammen einen viel grösseren Durchmesser als dieselbe. Es findet hier also ein ähnliches Verhältniss statt, wie bei der Verästelung der Blutgefässe.

Durch die Theilungen lösen sich die wenigen primären Fasern in 35—40 secundäre auf, deren Durchmesser bis zu 0·006 Mm. herabsinkt. Die Aeste des Baumes bestehen aus Gruppen dieser letzteren; dieselben verbinden sich unter einander, um ihre Elemente auszutauschen, und bilden ein weitmaschiges Netz, welches etwa das mittlere Drittel der Länge des Muskels einnimmt und vom lateralen Rande desselben bis zum medialen reicht. Die Configuration desselben ist äusserst mannigfaltig und stimmt nie, selbst bei den beiden Muskeln eines Thieres, auch nur annähernd überein. Die einzelnen secundären Fasern schlagen nun einen mehr und mehr gesonderten Verlauf ein, um sich schliesslich in eine gewisse Zahl tertiärer Fasern aufzulösen, welche durch büschelförmige Theilung aus ihnen hervorgehen; diese letzteren treten nach kurzem Verlauf, meist in querer oder schräger Richtung zu einem Primitivbündel heran, um daselbst zu endigen.

Ueber diese Endigung ist bekanntlich, trotz zahlloser Untersuchungen, noch keine Einigung erzielt. Vielmehr ist erst unlängst, durch die Untersuchungen von Gerlach, die ganze Angelegenheit in ein neues Stadium eingetreten, von dem sich nicht mit Sicherheit sagen lässt, ob es ein definitives und abschliessendes sein werde. Als festgestellt durch die überwiegende Majorität der Forscher kann man wohl nur Folgendes ansehen: die Nervenfaser tritt an das Muskelbündel heran, durchbohrt das Sarkolemm, wobei meist die Markscheide aufhört, und theilt sich in eine variable Zahl sogenannter Terminalfasern, welche mit Kernen versehen sind. Diese Terminalfasern scheinen in der Regel, namentlich bei Amphibien, marklos zu sein (Calberla[1]) bildet allerdings auch vom Frosch

1) Ueber die Endigungsweise der Nerven in den quergestreiften Muskeln der Amphibien. Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. Bd. XXIV. S. 164.

markhaltige Terminalfasern unter dem Sarkolemm ab). Dass dieses Verhalten aber kein constantes ist, davon habe ich mich überzeugt bei den Muskeln der Fledermaus; hier kommen, wie ich noch weiter unten begründen werde, markhaltige Terminalfasern vor (s. Fig. 3 Taf. XVIII.).

Was aus den Terminalfasern weiterhin werde, ist für den vorliegenden Zweck gleichgültig. Die angeführten, typischen und fast immer leicht constatirbaren Eigenthümlichkeiten reichen hin, um als unterscheidende Merkmale der motorischen Nervenendigungen zu dienen. Man kann sie, beim Frosch, auch an frischen Objecten unschwer auffinden. Verfolgt man nämlich eine secundäre motorische Faser, so gelangt man alsbald an eine Stelle, wo dieselbe scheinbar kolbig endigt; es rührt dies von dem Vorhandensein einer Einschnürung an dieser Stelle her. Bei aufmerksamem Zusehen überzeugt man sich, dass aus der eingeschnürten Stelle 2—3 blasse Terminalfasern hervorgehen, welche dicht auf der quergestreiften Substanz, mehr oder weniger parallel mit der Längsaxe des Muskelbündels, eine Strecke weit hinziehen, um scheinbar spitz aufzuhören. An mit Säure behandelten Objecten erkennt man auch die ovalen, granulirten Kerne dieser Fasern.

Ich habe im Vorhergehenden bereits mehrfach die Einschnürungen (étranglements annulaires, Ranvier) der Nervenfasern erwähnt. Bekanntlich sind es gerade die intermuscularen Nerven, an denen man dieselben schon vor langer Zeit gesehen und beschrieben hat. Merkwürdigerweise hat man aber nur denjenigen Einschnürungen Beachtung geschenkt, welche sich vorfinden an den Theilungsstellen, sowie beim Durchschnitt der Nervenfaser durch das Sarkolemm. Nachdem Ranvier[1]) vor drei Jahren nachgewiesen hatte, dass diese Gebilde in durchaus constanter und regelmässiger Form im ganzen Verlauf der peripherischen Nervenfasern sich wiederholen, nahm ich Veranlassung, bei meinen Untersuchungen auf

1) Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. Archives de phys. norm. et pathol. publ. par Brown-Séquard, Charcot, Vulpian. t. IV. p. 129.

diesen Umstand besonders zu achten. Ich habe mich überzeugt, dass die erwähnte Einrichtung auch an den Muskelnerven besteht, dass die Étranglements an jeder einzelnen Nervenfaser, bis zur Endigung hin, in ungefähr gleichen Abständen sich nachweisen lassen. Es bedarf für diesen Nachweis der Untersuchung mit Hilfe indifferenter Medien; alle differenten Reagentien, mit alleiniger Ausnahme der Ueber-Osmiumsäure wirken in der Weise verändernd auf die Nervenfasern ein, dass der grösste Theil der Einschnürungen undeutlich wird. Ich habe, schon vor einiger Zeit, darauf aufmerksam gemacht[1]), dass man diese Gebilde an den physiologisch frischen, noch leitenden Nervenfasern eines zuckenden Muskels mit aller Deutlichkeit nachweisen kann; ich glaube, dass hiermit ein nicht unwichtiger Beleg für die Präexistenz und vitale Bedeutung derselben gegeben ist.

Was nun die sensiblen Elemente im Platysma des Frosches anbelangt, so ist es aller Wahrscheinlichkeit nach eine einzige markhaltige Nervenfaser, welche dieselben liefert. Kölliker[2]) hat sich sicher hiervon überzeugt in einem Falle, wo diese Faser nicht innerhalb des gemeinschaftlichen Nervenstammes, sondern gesondert in den Muskel eintrat. Von den motorischen Fasern unterscheidet sich dieselbe in keiner Weise; sie theilt sich, wie jene, dichotomisch und zeigt Einschnürungen in denselben Abständen (durchschnittlich 0·3 Mm.). Es entstehen so aus der primären Faser drei bis fünf secundäre, deren Dicke etwa 0·005 Mm. beträgt. Dieselben laufen anfangs innerhalb der gröberen Aeste der Nervenverzweigung, trennen sich aber bald von diesen, um dann einzeln in weitem, bogenförmigen Verlauf über den ganzen Muskel, auch auf Stellen, wo die motorischen Fasern gänzlich fehlen, sich auszubreiten. Sie streben dem oberen, unteren und medialen Rande des Muskels zu, verschmälern sich jedoch, bevor sie denselben erreichen, durch Abgabe zahlreicher Aeste beträchtlich und treten schliesslich, oft schon marklos geworden, aus dem Muskel heraus in die angrenzenden Fascien.

1) Centralbl. f. d. medic. Wissensch. 1873. S. 578.
2) A. a. O.

Alles dieses kann man schon an frischen Muskeln, bei Anwendung indifferenter Zusatzflüssigkeiten, erkennen. Was aber die Ramification der sensiblen Fasern anbelangt, so bedarf es, um diese zu sehen, gewisser Methoden, welche aufhellend und zugleich in gewissem Grade färbend wirken. Bevor wir aber diesen feineren Verhältnissen nachgehen, wollen wir uns das bisher Erörterte auch an einem anderen Objecte vor Augen führen, dem Sartorius des Frosches, der als Typus für die spindelförmigen Muskeln dienen kann. Ich habe ausser dem Sartorius beim Frosch noch die Muskeln des Bauches, der Zehen, sowie den M. cutaneus femoris (Dugès: post-ischio-tibial superficiel; Ecker: M. rectus int. minor) untersucht; die Verhältnisse sind im Wesentlichen überall dieselben, weshalb ich mich bei der Beschreibung auf den Sartorius beschränke.

Die Präparation dieses Muskels geschah in der Weise, dass sowohl am medialen, wie am lateralen Rande Streifen der Fascie mitgenommen wurden; besonders an der Eintrittsstelle des Nerven muss die ihn einhüllende Fascie in grösserer Ausdehnung präparirt werden, weil schon hier oft Aeste sich abzweigen. Von dem Nervenstamm nimmt man ebenfalls vortheilhaft eine Strecke von einigen Millimetern mit fort. Den so zugerichteten Muskel brachte ich mit etwas ¾procentiger Chlornatriumlösung auf den Objectträger, und zwar derart, dass die innere Fläche dem Beobachter zugekehrt war. An dieser inneren Fläche, dicht unter dem Perimysium, findet nämlich der bei Weitem grösste Theil der gröberen Nervenverästelung statt, was die Untersuchung in hohem Grade begünstigt. — Um zunächst den Ueberblick über das Ganze zu bekommen, wandte ich schwache Vergrösserung an ($\frac{65}{1}$ — $\frac{100}{1}$); wollte ich Einzelheiten genauer studiren, so wurde die Vergrösserung gesteigert. Der Nerv des Sartorius, welcher am medialen Rande, etwas unterhalb der Mitte, eintritt, besteht aus etwa 20 breiten Primitivfasern. Sogleich nach seinem Eintritt, oder schon vorher innerhalb der Fascie, theilt sich der Nerv in drei Aeste (siehe die Abbildung auf Taf. XIII.)[1]), von denen zwei wohl auch

1) Ich sehe mich genöthigt, hier auf die beiden Abbildungen

durch einen gemeinsamen Stamm vereinigt sein können. Der mittlere dieser Aeste strebt in transversaler Richtung dem lateralen Rande des Muskels zu, theilt sich jedoch, ohne diesen zu erreichen, in zwei etwa rechtwinklig divergirende Aeste; diese versorgen das mittlere Drittel und fast den ganzen lateralen Rand des Muskels, während die anderen beiden Hauptäste parallel mit der Richtung der Muskelfasern aufwärts, resp. abwärts ziehen, um das obere und untere Drittel des Muskels zu versorgen (siehe d. Fig.). Uebrigens ist selbst diese grobe Theilung in ihrem Verhalten keineswegs constant, und noch weit mannigfaltiger gestaltet sich das Bild im weiteren Verlaufe. Die vier Hauptäste geben eine Reihe von Seitenzweigen ab, welche sich meist unter einander verbinden. Letzteres ist jedoch nicht immer der Fall; man findet Muskeln, wo kaum eine einzige derartige Verbindung sichtbar ist, wo die Fasern in rein centrifugaler Richtung ihrem Ziele zustreben. Die Plexusbildung ist aber der häufigere Fall. In Folge des Austausches der Elemente, welcher dabei stattfindet, können oft Fasern eine Strecke weit in umgekehrter, centripetaler Richtung mit fortgenommen werden, wodurch das Bild der Nervenschlingen entsteht.

Verlauf und Endigungsweise der motorischen Nervenfasern verhalten sich ganz in der Weise, wie es bereits oben für das Platysma geschildert ist. Man unterscheidet ebenfalls primäre, secundäre und tertiäre Fasern. An den Abgangsstellen der gröberen Aeste erfolgt dichotomische Theilung einiger Fasern; dieselbe pflegt sich an den Theilproducten noch einige Male zu wiederholen; unter der Bezeichnung „secundäre Fasern“ sind also gleichsam mehrere Generationen zusammengefasst, welche sich jedoch ihrem Charakter nach nicht wesentlich unterscheiden. Alle diese Fasern nämlich streben in Gruppen vereint ihrem Bestimmungsort zu; es kommt nie vor, dass eine moto-

---

(Taf. XIII. u. XIV.) zu verweisen, welche behufs Illustration der Degenerationsversuche, dem zweiten Theile dieser Arbeit beigegeben sind.

rische Faser isolirt über grössere Strecken verläuft, wie es die sensiblen zu thun pflegen. Die Lostrennung vom Hauptast erfolgt vielmehr erst dann, wenn der Bestimmungsort erreicht ist, und nach kurzem Verlauf zerfällt die Faser, constant unter Bildung einer Einschnürung, in ein Büschel tertiärer Fasern. Aus der Theilung gehen meist zunächst 3—4 Zweige hervor, welche sich unmittelbar darauf noch weiter theilen, so dass 5—8 zur Endigung bestimmte Aeste aus einer secundären Faser hervorgehen. Diese, 3—4 μ starken Aeste gelangen alsbald, in schräger oder querer Richtung, zu ihren Primitivbündeln, um, öfters bereits in zwei Terminalfasern getheilt, in dieselben einzutreten. Solche Endigungen sieht man übrigens nur in höchst geringer Zahl an der Oberfläche; die meisten derselben müssen im Innern des Muskels gelegen sein. Man bemerkt auch in der That, dass ein bedeutender Theil der secundären und tertiären Aeste die Reihen der Muskelfasern durchbricht und der Tiefe zustrebt. — Von den Aesten, welche zum Rande des Muskels verlaufen, lösen sich einige tertiäre, und oft selbst eine secundäre Faser ab, um aus dem Muskel heraus in die Fascie zu treten und zu benachbarten Muskeln überzugehen; ebenso bekommt auch der Sartorius Zweige von seinen Nachbaren. Erhält man bei der Präparation den Muskel im Zusammenhang mit Streifen der angrenzenden Muskeln, so kann man den Uebertritt bequem verfolgen.

Neben den motorischen Fasern finden sich in jedem Muskel noch feine, blasse Nervenfädchen, welche theils schon in Begleitung der Gefässe eintreten, theils erst von dem Nervenstamm sich ablösen, um in die Gefässe überzugehen, dieselben netzartig umstrickend. Es sind ohne Zweifel vasomotorische Nerven.

Von den sensiblen Elementen im Sartorius ist Folgendes zu sagen. An mehreren Stellen (siehe d. Abbild. auf Taf. XIII. bei s_1 s_2 s_3 s_4 s_5) lösen sich von den gröberen Nervenzweigen markhaltige Fasern ab, welche von Perineurium bekleidet sind und etwa 0·005 Mm. im Durchmesser halten. Dieselben ver-

laufen, quer oder schräg gegen die Richtung der Muskelfasern, isolirt über auffallend grosse Strecken des Muskels und unterscheiden sich schon hierdurch von den secundären motorischen Fasern. Mitunter ist ihr Verlauf ein wahrhaft mäandrischer; die Faser s_2 z. B. (Taf. XIII.), welche aus dem Stamm 1 hervorgeht, giebt eine beträchtliche Zahl feiner Aestchen ab, schliesst sich dann (bei h) dem Stamme 4 an, läuft in demselben rückwärts („Nervenschlinge“) und quer über die Theilungsstelle i hinweg, um sich schliesslich innerhalb des Stammes 5 so mit den übrigen Fasern zu verflechten, dass sie nicht weiter verfolgt werden kann. Mitunter bleiben diese Elemente, soweit man sie verfolgen kann, fast unverästelt; in diesem Falle sind die Ranvier'schen Ringe durch Zwischenräume von der gewöhnlichen Grösse (1 Mm. im Sartorius) getrennt. Eine solche Faser (s_1 auf Taf. XIV.) endigt nicht an der Oberfläche, sondern durchbricht schliesslich die Reihen der Primitivbündel und gelangt in die Tiefe, wo sie nicht weiter verfolgt werden kann. Bei den anderen dagegen, welche die zur Beobachtung vorliegende innere Fläche des Muskels versorgen, folgen die Ranvier'schen Ringe auffallend dicht auf einander. Bei stärkerer Vergrösserung sieht man von diesen Einschnürungen feine, sowohl dunkelrandige als blasse Aestchen abgehen, über deren Schicksal jedoch an einem so dicken Object wie dem Sartorius, selbst wenn man ganz junge Thiere verwendet, keine Gewissheit zu erlangen ist. Man kann sich jedoch überzeugen, dass ein Theil derselben im Perimysium verläuft, während die übrigen mit der Muskelsubstanz selbst in Beziehung treten.

Was berechtigt uns nun, diese Elemente mit voller Sicherheit als die Empfindungsnerven des Muskels anzusprechen? Die histologischen Befunde allein, so sehr sie auch unsere Ansicht unterstützen, vermögen doch nicht den Nachweis für die Function zu liefern. Dieser Nachweis resultirt vielmehr aus den im zweiten Theil dieser Arbeit mitgetheilten Versuchen mit Anwendung der Waller'schen Methode. Indem sich herausstellt, dass die beiden morphologisch trennbaren Arten von Nervenfasern auch in ihren Rückenmarks-Ursprüngen ge-

schieden sind, dass die einen durch die vorderen, die anderen durch die hinteren Wurzeln verlaufen, ist der Nachweis für den sensiblen Charakter dieser letzteren wohl als gesichert zu betrachten, besonders wenn man die in Kap. V. und VI. mitgetheilten Reizversuche damit zusammenhält. — Die Wallersche Methode ist uns aber auch ein wesentliches Förderungsmittel in histologischer Beziehung, indem sie nach Art einer differenzirenden mikrochemischen Reaction die Trennung der sensiblen und motorischen Fasern möglich macht. Ein Blick auf Taf. XIV. zeigt, was mit diesen Worten gemeint ist. Man erkennt innerhalb des gemeinschaftlichen Nervenstammes, welcher die motorischen Nerven im degenerirten Zustande enthält, zwei normale, breite, dunkelrandige Fasern, aus welchen durch dichotomische Theilung secundäre Fasern für jedes der gröberen Nervenbündel hervorgehen. Zwei Primitivnervenröhren also sind es, auf denen das Muskelgefühl des Sartorius beim Frosche beruht. Aus den secundären Fasern entstehen auf dem Wege der Ramification die bereits geschilderten tertiären, aus diesen, wiederum durch dendritische Verästelung, die noch zu schildernden quaternären. Ein wesentlicher Unterschied zwischen den motorischen und sensiblen Fasern besteht somit in dem Modus der Vermehrung: dieselbe erfolgt bei den motorischen Nerven ausschliesslich auf dem Wege der Theilung in gleichwerthige Elemente, bei den sensiblen Fasern dagegen treffen wir anfangs ebenfalls Theilungen, späterhin aber durchweg baumförmige Ramification.

Es erübrigt nunmehr die Beschreibung der terminalen Ausbreitung. Wir wenden uns behufs dessen wiederum an den Brusthautmuskel, und zwar an Präparate desselben, welche der combinirten Wirkung verdünnter Essigsäure und Pikrinsäure unterworfen sind, nach der auf S. 11 geschilderten Methode. Wir haben gesehen, dass aus der primären Faser secundäre entstehen, welche bald einen gesonderten, selbständigen Verlauf einschlagen und isolirt über weite Gebiete des Muskels hinziehen. Diese Fasern zeigen einen Durchmesser von etwa 0·005 Mm. und sind von einer blassen, mit spindelförmigen Körperchen versehenen Scheide umgeben. Aus ihnen entsteht

eine grosse Zahl von Aesten, welche theils noch eine Markscheide besitzen, theils nackte Axencylinder darstellen. Die markhaltigen Aeste sind von einer Fortsetzung des Perineuriums der Stammfaser umhüllt und zeigen eine Dicke von etwa 0·002 Mm.; sie gehen schliesslich, indem die Markscheide unter konischer Zuspitzung sich verliert und gleichzeitig das Perineurium aufhört, ebenfalls in blasse, anfangs noch 0·001 Mm. starke Fasern über. Einen charakteristischen Fall dieser Art zeigt Fig. 1 (Taf. XVII.) bei d. Diese blassen Fasern nehmen alsbald einen gewundenen Verlauf an und zeigen mitunter kleine, knötchenähnliche Verdickungen, daneben aber eine beträchtliche Zahl grosser, verschiedenartig geformter, granulirter Kerne. Sie lassen sich meist über sehr grosse Strecken des Muskels oder der Fascie hin verfolgen, verschmälern sich aber durch Ramification mehr und mehr und unterscheiden sich schliesslich nicht weiter von den sogleich zu beschreibenden feineren Elementen.

Neben diesen, anfangs markhaltigen Zweigen entstehen aus den secundären Fasern auch einzelne marklose, welche jedoch in ihrem Verhalten jenen vollständig gleichen; es können auch mehrere solcher Fasern zu einem Bündel vereint sein, welches dann gewöhnlich von Perineurium umhüllt ist. Sie alle zusammen bilden gewissermaassen die dritte Generation der sensiblen Fasern im Platysma, welche jedoch nicht den oben geschilderten tertiären Fasern im Sartorius, sondern vielmehr erst den Aesten derselben entspricht. Aus ihnen sowohl, wie aus den secundären Fasern entsteht nun eine überraschend grosse Zahl feiner, nur Bruchtheile einer Mikre messender Fibrillen, welche sich zum Theil in das Perimysium, zum Theil aber in die Interstitien der Muskelbündel begeben. Eine Zusammensetzung aus Hülle und Inhalt lassen diese Fibrillen, auch bei der stärksten Vergrösserung, nicht erkennen. Doch muss eine solche angenommen werden wegen der zahlreichen Kerne, welche man an ihnen wahrnimmt. Diese Kerne entsprechen vollkommen denjenigen, welche ich soeben, bei der Beschreibung der stärkeren Aeste, erwähnt habe. Sie bilden eine höchst auffällige Erscheinung, insofern ihre Dimensionen

relativ kolossal zu nennen sind gegenüber dem geringen Quantum der eigentlichen, functionirenden Nervensubstanz. Ihre Gestalt ist meist eine spindelförmige; doch kommen auch ovale, runde, biscuitförmige und ganz unregelmässige Gestalten vor (s. Figg. 1, 2 u. 3). Bei stärkerer Vergrösserung erkennt man eine hyaline Randzone und einen granulirten Inhalt; die Granulirung ist in ihrer Feinheit sehr verschieden, mitunter wird sie sehr undeutlich. Als ich diese Gebilde noch nicht lange kannte, war ich geneigt, ihnen eine gangliöse Bedeutung zuzusprechen, wie sie ja, der Analogie mit anderen Sinnesapparaten zufolge, nicht unwahrscheinlich gewesen wäre. Indessen habe ich mich vergebens bemüht, durch Anwendung von Färbemitteln eine zellenartige Zusammensetzung nachzuweisen; andererseits habe ich mich überzeugt, dass jene Gebilde nicht als Unterbrechung in die Substanz der Nervenfaser eingeschaltet sind, sondern derselben nur äusserlich anliegen. Man kann nicht selten, auch wenn die Faser vom Kern verdeckt wird, ihren Contour unterhalb desselben continuirlich weiter verfolgen, und noch deutlicher wird die Trennung, wenn die Faser, in derselben Horizontalebene, wie der Kern, an demselben vorbeizieht. Wir haben es also in der That mit Kernen zu thun, offenbar angehörig einer feinen Scheide, welche die Fibrillen begleitet.

Eine andere Eigenthümlichkeit dieser letzteren besteht in ihrer Neigung zur Bildung von Anastomosen. Diese Neigung ist sehr verschiedenen Grades. Mitunter macht sie sich sehr wenig bemerklich, in anderen Fällen aber führt sie zur Bildung förmlicher Netze, aus denen die terminalen Fäserchen entspringen. Fälle dieser Art, ob wohl wenig ausgesprochen, finden sich in Fig. 1 (bei c) und Fig. 3 (bei s_3). Mitunter kommt es zu einer Art von Inselbildung, indem ein gröberes Aestchen plötzlich in mehrere feine zerfällt, welche dann bald wieder zusammenfliessen. Offenbar handelt es sich bei diesen Anastomosen nicht um eine wirkliche Verschmelzung, sondern nur um einen Austausch der feinsten Leitungselemente.

Wie schon erwähnt, begiebt sich ein Theil der terminalen Fibrillen in das Perimysium extern. und in die an den Muskel

grenzenden Fascien. Die Art, wie sie dort endigen, veranschaulicht Fig. 1. Das Präparat, nach welchem diese Zeichnung angefertigt wurde, befindet sich noch in meinem Besitz und ist auch gegenwärtig, trotz 15 Monate langer Aufbewahrung, noch vollkommen demonstrabel. Wir sehen, wie bei d eine markhaltige Faser (2 μ) sich vom Stamme abzweigt, um über den Rand des Muskels hinweg in die Fascie einzutreten. Bei e hören Perineurium und Myelinscheide plötzlich auf, und der etwa 0·5 μ starke Axencylinder bleibt allein übrig, um unter zunehmender Verschmälerung geschlängelt eine grosse Strecke weit hinzuziehen. Die zahlreichen, mit grossen Kernen versehenen Zweige, welche diese Faser abgiebt, verästeln sich ihrerseits wieder, und es entstehen schliesslich zarte, kernlose Fibrillen von unmessbarer Feinheit, welche sich optisch unentwirrbar mit dem Fibrillennetz des Bindegewebes verflechten; nur bei sehr starker Vergrösserung ($\frac{1000}{1}$, mit Immersion) lassen sich an einzelnen Stellen spitze Endigungen erkennen. Die zahlreichen grossen, kernhaltigen und mit Ausläufern versehenen Zellen des Bindegewebes sind von den nervösen Elementen leicht zu unterscheiden; ein Zusammenhang zwischen beiden besteht bestimmt in keiner Weise (s. Fig. 1).

Dies die Endigung im Bindegewebe. Eine mindestens ebenso grosse, oft aber bei Weitem beträchtlichere Zahl terminaler Aestchen verbleiben nun im Gebiete der Muskelsubstanz selbst. Dieselben begeben sich, meist unmittelbar nach ihrer Entstehung aus gröberen Fasern, in das Interstitium zweier Muskelbündel, um daselbst, parallel mit letzteren, eine Strecke weit hinzuziehen (s. Fig. 1 an mehreren Stellen). Die wirklich terminalen Aestchen dieser Art zeigen stets einen Durchmesser von weniger als 1 μ; sie sind leicht kenntlich durch ihre grossen Kerne. Das weitere Schicksal dieser Elemente ist, soweit ich übersehen kann, von zweierlei Art. Entweder verbleiben sie im interstitiellen Bindegewebe, und dann ist ihre Endigung ganz analog der oben beschriebenen. Man erkennt noch ein paar Theilungen, eine Anastomosenbildung und dann Aufhören mittels feinster Fibrillen; oder aber die Endigung geschieht an den Muskelfasern selbst, und dies ist offenbar der

Brennpunkt der ganzen Untersuchung. Die Frage, ob specifische Endorgane der sensiblen Muskelnerven bestehen, hat mich lange Zeit hindurch in fieberhafter Spannung erhalten; ich kann nunmehr, nach sorgsamen Studien, das Bestehen solcher Endapparate mit Bestimmtheit in Abrede stellen. Die Endigungsweise, welche ich ermittelt habe, ist vielmehr eine ganz andere, nicht minder interessante. Sie besteht, kurz ausgedrückt, in Folgendem: Eine blasse Nervenfaser läuft neben dem Muskelbündel hin, umwickelt dasselbe in Spiraltouren und umstrickt es, ähnlich den Ranken der Weinrebe oder des Epheu's, mit feinen Terminalfibrillen.

Ich habe ein solches Verhalten in mehreren Fällen mit Sicherheit constatiren können; freilich bedarf es grosser Mühe und emsigen Nachsuchens, um wirklich beweiskräftige Bilder dieser Art zu erhalten. Es muss nämlich einerseits die betreffende Muskelfaser in ihrem Zusammenhange mit der Nachbarschaft etwas gelockert sein; an Fasern, welche ringsum dicht von anderen umschlossen sind, gelingen solche Beobachtungen begreiflicherweise nicht. Andererseits muss der Ursprung des terminalen Nervenästchens aus gröberen, markhaltigen Fasern noch demonstrirbar sein, um keinen Zweifel über die nervöse Natur desselben aufkommen zu lassen. Endlich muss das Muskelbündel an der betreffenden Stelle relativ intact sein, da Faltungen des Sarkolemms, abnorme Streifungen der contractilen Substanz die Wahrnehmung so feiner Verhältnisse natürlich in hohem Grade unsicher machen. Vollständiges Zusammentreffen dieser Bedingungen ist ein seltener Zufall. Neben einer Reihe von Objecten, welche nach der einen oder anderen Richtung hin zu wünschen übrig lassen, besitze ich ein Präparat, welches allen jenen Forderungen in der vollständigsten Weise genügt. Dieses Präparat, welches, wie ich leider gestehen muss, trotz aller Mühe bis jetzt ein Unicum geblieben ist, habe ich in Fig. 2 (Taf. XVII.) abgebildet. Es handelt sich um einen Brusthautmuskel des Frosches, der, in der geschilderten Weise, mit Essigsäure und Pikrinsäure behandelt ist. Am lateralen Rande desselben findet

sich eine Muskelfaser, welche zufällig bei der Präparation aus der Reihe der übrigen herausgedrängt und schräg über dieselben gelagert ist. Zu derselben begiebt sich ein motorisches (m) und ein sensibles Nervenästchen (s), deren Zusammenhang mit einem starken Bündel markhaltiger Fasern sehr deutlich, in der Figur aber weggelassen ist. Die etwa 3 μ starke motorische Faser geht alsbald in ihre Endigung über, welche so gezeichnet ist, wie sie im Präparate sichtbar. Wegen der vorangegangenen Behandlung mit Reagentien ist jedoch auf das Verhalten derselben, auf die granulirte Substanz, welche sich vorfindet, kein grosses Gewicht zu legen. Die 0·7 μ starke, blasse, mit grossen Kernen versehene sensible Faser dagegen läuft neben der Muskelfaser her, umschlingt dieselbe mehrfach in Spiraltouren und lässt sich enorm weit verfolgen, ohne wesentlich schmäler zu werden. In ihrem Verlaufe entsendet sie eine reichliche Menge feinster, kernloser Terminalfibrillen, welche zum Theil schon bei mittlerer, zum Theil aber erst bei starker Vergrösserung sichtbar werden. Die stärkste derselben (bei s_1 entspringend) hat eine Dicke von 0·4 μ; die übrigen sind der Messung unzugänglich. Fast alle umklammern, dem Sarkolemm äusserlich aufliegend, rankenartig die Muskelfaser. Ein Eindringen in dieselbe habe ich niemals wahrnehmen können; dagegen möchte ich nicht verschweigen, dass ich, bei Anwendung eines guten Immersionssystemes von Gundlach, Spuren einer netzartigen Verbindung jener Elemente untereinander zu sehen geglaubt habe.

Die geschilderten Verhältnisse sind an dem Präparate noch heute, 15 Monate nach der Herstellung desselben, wahrnehmbar und von mehreren geübten Mikroskopikern gesehen worden. Gegen den etwaigen Vorwurf einer Verwechselung mit Capillarschlingen, Sarkolemmfalten, welche einem ungeübten und phantasievollen Beobachter auf diesem Gebiete allerdings die grössten Täuschungen bereiten können, brauche ich mich, nach der obigen Darstellung, kaum noch zu vertheidigen. Die spiralförmigen Sarkolemmfalten erstrecken sich nicht über den Bereich des Muskelbündels hinaus; Capillargefässschlingen, Bindegewebsfibrillen entspringen nicht aus markhaltigen Nervenfasern.

Ich habe mich in der bisherigen Darstellung auf den Frosch beschränkt, wiewohl ich mindestens ebenso viel Zeit dem Studium von Muskeln anderer Wirbelthiere gewidmet habe. Der Grund besteht einfach darin, dass die Verhältnisse überall im Wesentlichen die nämlichen sind. Die Uebereinstimmung im Typus der Muskelnervenendigungen, welche für die motorische Sphäre neuerdings durch Gerlach vertreten wird, besteht ganz sicher für die sensible. Für die Wirbelthierreihe wenigstens kann ich dies bestimmt behaupten; für die Wirbellosen wird es durch die Befunde von Arndt[1]) einigermaassen wahrscheinlich. Die von mir untersuchten Thiere (Hecht, Eidechse, Maus, Ratte, Fledermaus, Kaninchen, Taube) zeigten mit Bezug auf die Verbreitung der sensiblen Muskelnerven nur so unwesentliche Unterschiede, dass ich mit der Beschreibung derselben den Leser nicht ermüden mag. Ich hebe hervor, dass die Augenmuskeln besonders reich an sensiblen Elementen sind und dass dieselben bei Ratten und Mäusen ein auch zur Untersuchung im frischen Zustande taugliches Object abgeben. Im Uebrigen ist man hier auf die Behandlung mit Reagentien angewiesen, unter welchen, wie ich schon im Eingange hervorhob, nur die Ueberosmiumsäure gute Dienste leistet. Das Object, welches der Fig. 3 zu Grunde gelegen hat, wurde durch Zerfaserung aus dem M. transv. abd. der Fledermaus gewonnen; nachdem derselbe zwei Tage lang der Wirkung einer einprocentigen Osmium-Lösung ausgesetzt gewesen war. Die Abbildung ist insofern nicht ganz naturgetreu, als sie mehrere Nervenendigungen auf engem Raume nebeneinander zeigt. In Wirklichkeit ist zwar das Verästelungsverhältniss dasselbe; aber die einzelnen wesentlichen Punkte sind durch grössere Zwischenräume getrennt. Man erkennt in der Abbildung zwei motorische Nervenfasern, von denen a alsbald endigt, während b sich vorher trichotomisch theilt. Die Endigungen zeigen nun ein höchst charakteristisches Verhalten, dessen Veranschaulichung, wiewohl dem Zwecke dieser Mittheilungen fernliegend, ich bei der Wahl des Objectes besonders im Auge hatte. Die Endigung zeigt sich nämlich unter dem Bilde einer sternförmigen Figur, ähnlich den Vasa vorticosa der Chorioidea und den stellulae Verheyenii der Niere.

[1]) A. a. O.

Die einzelnen Radien des Sternes sind die Terminalfasern, welche hier durch die Osmium-Reaction ganz bestimmt als markhaltig erwiesen werden. Ob dieses Verhalten, welches ich bei keinem anderen Thiere, als der Fledermaus habe nachweisen können, wirklich auf einem exceptionellen Bau der Endigung beruht, lasse ich dahingestellt; vielleicht hat es nur darin seinen Grund, dass die durch ihre chocoladeartige Färbung ausgezeichneten Muskeln jenes Thieres in besonders hohem Grade für die Osmiumtinction sich eignen. Neben den motorischen erkennt man in der Figur eine sensible Nervenfaser (c) welche drei Aeste abgiebt. Letztere sind anfangs markhaltig, werden dann blass und zeigen grosse, granulirte Kerne. Aus ihnen entstehen feine, weniger als 1 μ messende Fibrillen, welche auf und neben den Muskelbündeln hinziehen, um dieselben mit rankenartigen Ausläufern zu umspinnen. Wir finden mithin denselben Modus der Endigung, wie er in Fig. 2 vom Frosch abgebildet ist. Uebrigens eignen sich, wie schon früher bemerkt wurde, diese Präparate leider nicht zur Aufbewahrung, da sich die Muskelfasern nachträglich schwärzen.

III. Schlussbetrachtungen und Zusammenfassung.

Wir haben im Bisherigen die Frage noch nicht berührt, auf welche Weise und durch welches Agens die nunmehr sicher nachgewiesenen sensiblen Muskelnerven im Körper erregt werden. Wir wissen, dass dieser Erregung sehr verschiedene Ursachen zu Grunde liegen können, physiologische und pathologische. Unter physiologischen Verhältnissen sind es active und passive Formveränderungen eines Muskels, erstere bei der Contraction (Kraftsinn), letztere bei Druck, Dehnung und Veränderung der Gliedstellung. Pathologisch erregt sind die sensiblen Muskelnerven im Zustande der Ermüdung, beim Tetanus, sei er ein localer oder allgemeiner, endlich bei gewissen entzündlichen und entozootischen Vorgängen (Rheumatismus, Trichinose). Ob für diese verschiedenen Modi der Erregbarkeit eine und dieselbe Art von Nervenfasern in Anspruch zu nehmen sei, ist eine Nebenfrage, die nicht unbedingt bejaht werden kann. Sind doch für den Hautsinn eigenthümliche Differenzen

zwischen der Tast- und Schmerzempfindung aufgedeckt worden. Naunyn[1]) fand z. B. bei Tabikern, dass die einfache Empfindung eines Stiches nach $^1/_3$—$^2/_3$ Sek. eintrat, während der durch denselben hervorgerufene Schmerz erst nach $^5/_3$—$^7/_3$ Sek. sich bemerklich machte. Aehnliche Beobachtungen hat E. Remak[2]) veröffentlicht. Doch fehlt für eine Discussion der obigen Frage jeder thatsächliche Anhalt.

Was das erregende Agens anbelangt, so ist dasselbe bei der Ermüdung offenbar zu suchen in der chemischen Mischungsänderung des Gewebes (Ueberladung mit Fleischmilchsäure und anderen regressiven Producten). Auch die bei den übrigen pathologischen Zuständen stattfindende schmerzhafte Erregung ist in dieser Hinsicht leicht verständlich.

Nicht so einfach dagegen steht es mit jener Muskelempfindung, welche die Contraction begleitet und uns die Stärke derselben mit einer Feinheit abzuschätzen in den Stand setzt, welche diejenige des Drucksinnes der Haut bekanntlich nicht unbedeutend übertrifft. Ich unterscheide hier zwei Möglichkeiten, directe und indirecte Reizung. Die erstere würde dann stattfinden, wenn der vom motorischen Nerv auf die Muskelfaser übertragene Erregungsvorgang sich als solcher unmittelbar rückwärts in die sensiblen Nerven fortpflanzte; die Muskelfaser wäre dann gleichsam ein eingeschaltetes Stück zwischen beiden Nervenarten, und das Ganze gäbe den „Nervenzirkel“ im Sinne von Charles Bell. — Im zweiten Falle würde die sensible Erregung erst eine Folge secundärer, die Contraction begleitender Phaenomene sein.

Die Annahme einer directen Erregung ist so lange auszuschliessen, als nicht nachgewiesen ist, dass die sensiblen Nerven in eine ebenso nahe und unmittelbare Beziehung zu den Primitivbündeln treten, als die motorischen. Dieser Nachweis fehlt; im Gegentheil, wir haben uns überzeugt, dass die sensiblen

---

1) B. Naunyn: Ueber eine eigenthümliche Anomalie der Schmerzempfindung. Arch. f. Psychiatrie 1874 S. 760.

2) Ueber zeitliche Incongruenz der Berührungs- und Schmerzempfindung. Archiv f. Psychiatrie 1874. S. 763.

Terminalfibrillen zwar zum Theil in engster Verkettung mit den Muskelbündeln sich befinden, ohne jedoch durch das Sarkolemm hindurch bis zur contractilen Substanz vorzudringen

Wir sind also auf die indirecte Reizung hingewiesen, welche ihrerseits verschiedene Modalitäten in sich schliesst. Brown-Séquard[1]) hat die Meinung geltend gemacht, dass es die negative Stromesschwankung des Muskels sei, welche die sensiblen Nerven desselben errege; er glaubt dies durch folgenden Umstand wahrscheinlich machen zu können: die Grösse der secundären Zuckung wird durch Belastung des primär zuckenden Muskels erhöht,[2]) in gleicher Weise wird der bei intensiven Muskelcontractionen (Wadenkrampf) entstehende Schmerz durch Zug an der Sehne des Muskels gesteigert. Brown-Séquard übersieht ganz und gar, dass diese letztere Thatsache ebenso wohl für die andere Meinung spricht, welche man über den Gegenstand haben kann, eine Meinung, welche zuerst durch du Bois-Reymond[3]) mit Bezug auf die glatten Muskelfasern geltend gemacht worden ist. Durch den Zng an der Sehne des Muskels wird nämlich offenbar auch der Druck gesteigert, welchen die nach Verkürzung und Verdickung strebenden Primitivbündel auf die zwischen ihnen befindlichen Gebilde ausüben; die Annahme, dass dieser Druck, oder allgemein ausgedrückt, die mechanische Seite des Vorganges das erregende Agens ist, hat mithin, im Hinblick auf jenen Umstand, genau die nämliche Wahrscheinlichkeit. Was aber diese mechanische Theorie im höchsten Grade wahrscheinlich macht, ist das mikroskopische Verhalten. Die Einwirkung auf die interstitiell endigenden Fasern kann wohl nur eine mechanische sein; was aber jene Fibrillen anbelangt, welche epheu- oder weinrebenartig die Muskelfasern umranken (siehe Fig. 2), so kann diese Endigungsweise wohl kaum anders gedeutet werden

1) Brown-Séquard: Lectures on the physiology and pathology of the central nervous system. p. 6.

2) Ueber diese Beobachtung selber vergl. Reicherts und du Bois-Reymond's Archiv 1873, S. 605 ff.

3) Ueber Hemikrania. Reichert's und du Bois-Reymond's Archiv 1860, S. 461.

als in folgendem Sinne. Durch die enge und mannigfache Verkettung mit den Primitivbündeln sind die nervösen Elemente genöthigt, jeder Formveränderung der letzteren zu folgen; sie müssen bei der Contraction in jeder Weise gedrückt und gezerrt werden. Was liegt mithin, teleologisch gedacht, näher, als diese mechanische Seite des Vorganges in den Vordergrund zu stellen und in ihr den Sinn und Nutzen jener Anordnung zu erblicken?

Fassen wir nun, am Schlusse unserer Betrachtungen angelangt, die erhaltenen Resultate kurz zusammen, so gelangen wir zur Aufstellung folgender Sätze:

1) Alle Einwände, welche gegen die Lehre von der Sensibilität der Muskeln gemacht worden sind, lassen sich schon auf theoretischem Wege leicht widerlegen.

2) Durch Reizung des in einen Muskel eintretenden Nervenstammes, oder des Muskels selbst, gelingt es, Reflexzuckungen hervorzurufen. Hierdurch ist das Vorhandensein sensibler Apparate in den Muskeln bewiesen.

3) Die quergestreifte Muskelsubstanz, auch im „entnervten" Zustande (Curare, Anelektrotonus, Degeneration des Nerven) ist durch den inducirten Strom erregbar.

4) Nach Durchschneidung der vorderen Wurzeln des N. ischiadicus beim Frosch degeneriren in den Muskeln des Beines alle motorischen Nervenfasern. Eine geringe Zahl von Fasern bleiben aber gesund. Nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln degeneriren diese, allerdings langsamer und weniger deutlich.

5) Am M. sartorius gelingt es, durch umgrenzende Schnitte die Wirkung der motorischen und sensiblen Fasern gesondert darzustellen. Die Reizung der ersteren giebt locale Zuckung, die der letzteren bleibt wirkungslos.

6) Mit den geeigneten Vorkehrungen gelingt es, die Nervenfasern eines Muskels, jede für sich allein, elektrisch zu reizen. Es finden sich Fasern, deren Reizung keine Zuckungen hervorruft.

7) Die intramusculären Nervenfasern zeigen in ziemlich regelmässigen Abständen die Ranvier'schen „étranglements annulaires"; die Praeexistenz derselben wird durch ihr Vorhandensein an physiologisch frischen, noch leitungsfähigen Fasern bewiesen.

8) Die quergestreiften Muskeln aller Wirbelthiere besitzen sensible Fasern, welche durch Theilung aus relativ wenigen markhaltigen Primärfasern hervorgehen. Die secundären und tertiären Zweige unterscheiden sich durch ihren weiten, isolirten Verlauf, durch die ramificatorische Art der Vermehrung von den motorischen Fasern, welche stets in Bündeln vereint ziehen und sich durch Theilung vermehren. Aus ihnen entstehen zarte, marklose, kernführende Fibrillen, welche nicht selten untereinander anastomosiren und zum Theil in den bindegewebigen Umhüllungen des Muskels, zum Theil im interstitiellen Gewebe, zum Theil an den Muskelfasern selbst mittels unmessbar feiner Zweige endigen. —

Zum Schlusse habe ich noch die angenehme Pflicht, Herrn Geh. Rath du Bois-Reymond, in dessen Laboratorium diese Untersuchungen angestellt wurden, sowie Herrn Prof. Munk, der mich vielfach mit Rath und That unterstützt hat, meinen aufrichtigen Dank auszusprechen.

Berlin, im Januar 1875.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. 1. Verzweigung einer sensiblen Nervenfaser im Brusthautmuskel des Frosches, am lateralen Rande desselben. Das Präparat ist nach der auf S. 11 angegebenen Methode dargestellt und nach der Einkittung in verdünntem Glycerin abgebildet. — Vergröss. 1:375.

Man erkennt die querverlaufenden Muskelfasern[1]) deren Kerne und Querstreifen als unnöthig für den Zweck dieser Zeichnung

1) Die auffallend geringe Dicke der Muskelfasern in diesem und dem folgenden Object erklärt sich aus der Jugend der verwendeten Thiere, welche nur etwa 5 Cm. von Kopf zu Steiss maassen.

fortgelassen sind, die scharf contourirten, noch einen Theil ihrer Ranvier'schen Einschnürungen zeigenden Nervenfasern, sowie das Bindegewebe in den Interstitien und die an den Rand des Muskels sich anschliessende Fascia superficialis.

Die von den Aesten der Stammnervenfaser a sich abzweigenden marklosen Terminalfasern zeigen die im Text beschriebenen Eigenthümlichkeiten; sie versorgen zum Theil die Muskelsubstanz selbst, zum Theil treten sie über den Rand des Muskels hinweg in die Fascie ein. Besonders charakteristisch sind die sich hirschgeweihartig verästelnde Faser b, sowie die Faser d. Letztere ist anfangs markhaltig, verliert dann bei c die Markscheide und versorgt die Fascie mit zahlreichen kernführenden Zweigen, welche sich optisch unentwirrbar mit dem Fibrillennetz des Bindegewebes verflechten. — Bei c eine Anastomose zwischen zwei marklosen Fäserchen.

Fig. 2. Muskelfaser aus demselben Präparat, welchem Fig. 1. entnommen ist; die abgebildete Strecke ist durch Zufall aus der Reihe der übrigen Muskelfasern herausgedrängt und isolirt sichtbar. Die Abbildung entspricht einer Vergrösserung von 1:375; auch ist alles Dargestellte bei einer solchen völlig deutlich zu erkennen. Die Einzelheiten wurden jedoch mittels eines guten Gundlach'schen Immersionssystems bei etwa 1000facher Vergrösserung studirt.

Man erkennt eine motorische Nervenendigung (bei m), welche jedoch, ebenso wie die Muskelsubstanz, durch die Reagentien stark verändert ist und keineswegs als Typus gelten kann. In der Nähe derselben tritt an die Muskelfaser heran eine feine, marklose, von keiner Scheide umhüllte, nur 0,0007 Mm. starke Nervenfaser (s), welche das Primitivbündel in seiner ganzen Ausdehnung begleitet, und sich mehrfach vom einen Rande zum andern hinüberschlingt. In diesem Verlaufe entsendet sie eine Menge feiner Terminalfäserchen, welche zum Theil spiralig, wie die Ranken einer Weinrebe, die Peripherie des Primitivbündels umziehen, ohne irgendwie mit der quergestreiften Substanz selbst in nachweisbare Beziehung zu treten. Das stärkste derselben (s_1), misst 0,0004 Mm. in der Dicke.

Fig. 3. Fragment aus dem M. transversus abdominis der Fledermaus, zwei Tage lang mit Ueberosmiumsäure (1:100) behandelt, durch Zerzupfen im Glycerin dargestellt. Vergröss. 1:500. Die Muskelfasern hat man sich grünlichbraun, die Nervenfasern (a, b, c) blauschwarz tingirt zu denken.

Man erkennt an den Primitivbündeln zweierlei Systeme von Querstreifen: die schmalen, scharfen Endstreifen und die matten, breiteren Mittelstreifen (Scheiben anisotroper Substanz); bei d sind die Endstreifen, wahrscheinlich in Folge von Quellung

einer Kittsubstanz zwischen den Muskelkästchen, in zwei Streifen zerfallen, wie man es häufig an Osmiumpräparaten findet.

a ist eine secundäre motorische Faser, welche unmittelbar in eine vierstrahlige Endigung ausläuft, b eine stärkere Faser, welche sich bei g in drei tertiäre oder Endigungsäste (t_1, t_2, t_3) theilt. t_1 nnd t_2 enden im Präparat, t_3 ist abgerissen. Von den Bestandtheilen der Endigung sind nur die markhaltigen, durch Osmium stark tingirten Terminalfasern zu erkennen. c ist eine markhaltige sensible Faser, welche nach Abgabe einiger Aestchen (s_1 s_2 s_3) das Präparat wieder verlässt; s_1 und s_3 sind marklos und umspinnen die Muskelfasern mit feinen Ausläufern. Bei se findet sich eine kolbenförmige Endigung, die wohl als artificiell zu deuten ist.

Verfasser, am 19 September 1853 zu Neisse geboren, erhielt seine Vorbildung erst auf dem Magdalenen-Gymnasium in Breslau, dann auf dem Friedrich-Wilhelms- und Friedrichs-Werder'schen Gymnasium zu Berlin, welches letztere ihn Ostern 1871 mit dem Zeugniss der Reife entliess. Die 8 Semester seines Studiums brachte er sämmtlich in Berlin zu, bestand Ostern 1873 das Tentamen physicum, am 29. Januar 1875 das Examen rigorosum. Während seiner Studienzeit besuchte er die Vorlesungen und Kliniken folgender Herren, denen er zu besonderem Dank verpflichtet ist: Bardeleben, du Bois-Reymond, Braun, Dove, Dühring, Fassbender, Fräntzel, Frerichs, Harms, Hartmann, Hirsch, Hofmann, Hitzig, Jakobson, Kny, v. Langenbeck, Liebreich, Löhlein, Martin, Mendel, Munk, Reichert, Schneider, O. Simon, Senator, Traube, Tobold, Virchow, Wolff.

Thesen:

1) Die Entstehung der elektrischen Organe bei den Zitterfischen lässt sich ungezwungen nach der Theorie der natürlichen Zuchtwahl erklären; die Schwierigkeiten, welche Darwin selbst mit Bezug hierauf geltend macht, sind nur scheinbare.
2) Die Hypochondrie ist nicht zu den Neurosen, sondern zu den Psychosen zu zählen.
3) Die von Traube herrührende Erklärung der uraemischen Erscheinungen durch acutes Hirnödem verdient im Grossen und Ganzen den Vorzug.